Levesque, M-A., Y. Bédard, M. Gervais & R. Devillers, 2006. Développement d'un système d'avertissements automatiques pour diminuer les risques de mauvais usages de la donnée géospatiale décisionnelle. Colloque Géomatique 2006 – Au cœur des processus, 25-26 octobre, Montréal, Canada

Développement d'un système d'avertissements automatiques pour diminuer les risques de mauvais usages de la donnée géospatiale décisionnelle

Marie-Andrée Levesque[1], Yvan Bédard[1], Marc Gervais[1] et Rodolphe Devillers[1,2]

[1] Département des sciences géomatiques
Université Laval
Sainte-Foy (Québec), Canada
G1K 7P4
Marie-Andree.Levesque.1@ulaval.ca
[Yvan.Bedard, Marc.Gervais]@scg.ulaval.ca
Téléphone: (418)-656-2131
Télécopieur: (418)-656-7411

[2] Departement of Geography
Memorial University of Newfoundland
St. John's (NL), Canada
A1B 3X9
rdevillers@mun.ca
Téléphone: (709)-737-8412
Télécopieur: (709)-737-3119

Aperçus biographiques

Marie-Andrée Levesque est détentrice d'un diplôme au baccalauréat en génie géomatique qu'elle a obtenu à l'Université Laval en 2005. Elle effectue présentement à la même université une maîtrise avec mémoire en sciences géomatiques sous la direction du Dr Yvan Bédard et la co-direction des Dr Marc Gervais et Dr Rodolphe Devillers. Le projet de recherche sur lequel elle travaille porte sur la diminution des risques de mauvais usages de la donnée géospatiale décisionnelle dans un contexte d'utilisation d'une application OLAP spatiale. Au cours de ses études, elle a travaillé en géomatique comme auxiliaire de recherche et d'enseignement à l'Université Laval et comme professionnelle à l'Institut national de santé publique du Québec. Finalement, elle est détentrice de plusieurs bourses, dont une bourse d'études supérieures du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) et une bourse d'excellence de Géomatique Canada.

Yvan Bédard est professeur en SIG et bases de données géospatiales depuis 1986 au Département des sciences géomatiques de l'Université Laval. Il est membre du Centre de recherche en géomatique où il effectue des travaux en modélisation de bases de données et en systèmes analytiques géodécisionnels. Directeur du CRG pendant 7 années, il a un important palmarès en recherche fondamentale et appliquée, dont plusieurs projets avec des organisations gouvernementales et industrielles. Il a formé au-delà de 1000 professionnels sur 3 continents et a contribué à plus de 400 articles et conférences. Il est évaluateur pour plusieurs journaux et congrès scientifiques internationaux, organismes subventionnaires et comités gouvernementaux. Il est titulaire de la Chaire CRSNG de recherche industrielle en bases de données géospatiales décisionnelles.

Marc Gervais est détenteur d'un baccalauréat en sciences géodésiques obtenu en 1982 à l'Université Laval, d'un certificat en administration des affaires obtenu en 1985 à l'Université du Québec à Trois-Rivières, d'une maîtrise en gestion de projet obtenue en 1988 à l'Université du Québec à Trois-Rivières, d'un doctorat en sciences géomatiques à l'Université Laval et d'un doctorat en sciences de l'information géographique à l'Université de Marne-la-Vallée (France), les deux ayant été obtenus en 2004. M. Gervais a œuvré en pratique privée de 1984 à 1999 après quoi il s'est consacré à ses études doctorales. Depuis janvier 2004, il est professeur

régulier au Département des sciences géomatiques de l'Université Laval. Ses travaux de recherche portent principalement sur la délimitation de la propriété foncière, la qualité de l'information géospatiale, le droit de la responsabilité civile, le droit des contrats, le droit de la propriété intellectuelle ainsi que le droit disciplinaire.

Rodolphe Devillers est professeur adjoint au Département de géographie de l'Université Memorial de Terre-Neuve. Il est également professeur associé au Département des sciences géomatiques de l'Université Laval et chercheur associé au Centre de recherche en géomatique (CRG). Ses travaux de recherche portent sur les systèmes d'information géographiques (SIG), principalement sur la qualité des données géospatiales, la normalisation en géomatique et les métadonnées. Il s'intéresse également aux applications marines de la géomatique pour les domaines des pêches, de l'océanographie, de la biologie marine et de la géologie. Rodolphe Devillers est coéditeur de deux ouvrages portant sur la qualité des données géospatiales : *Qualité de l'Information Géographique* (Hermès, 2005) et *Fundamentals of Spatial Data Quality* (ISTE, 2006). Il est également coéditeur du journal *Le Géographe Canadien* et membre du Réseau Canadien GEOIDE.

Résumé

À la fin des années 1990, une nouvelle catégorie d'outils d'aide à la décision, adaptée tout spécialement à l'exploration et à l'analyse spatio-temporelle, a fait son entrée dans le domaine de la géomatique : la technologie Spatial OLAP (SOLAP). Afin de valider différents concepts, la technologie SOLAP a été utilisée au sein de plusieurs organisations, et par le fait même, dans divers domaines d'application. Les applications ont été développées dans le but de faciliter, d'accélérer et d'améliorer l'analyse des données détenues par ces organisations et conséquemment, de mieux supporter leurs processus décisionnels. Ces différentes expériences ont toutefois permis de mettre en évidence certaines inquiétudes quant à l'interprétation des résultats d'analyse par des utilisateurs non avertis. Une des principales sources d'inquiétudes repose sur la potentielle incapacité des utilisateurs d'apprécier correctement les résultats en fonction de la qualité des données géospatiales intégrées au système. Le présent article vise donc à montrer comment nous avons abordé ce problème par l'intégration d'un système d'avertissements ou de mises en garde aux applications SOLAP afin d'attirer l'attention des usagers sur des éléments qui pourraient être problématiques dans le cadre de leurs analyses.

Abstract

At the end of the 1990s, a new decision-making tool category, especially designed for exploring and analysing spatio-temporal data, entered the geomatics field: the Spatial OLAP (SOLAP) technology. In order to validate different concepts, the SOLAP technology has been used in different organisations and different fields. These applications have been developped to facilitate, accelerate and improve the analysis of data held by these organizations, and consequently to better support their decision processes. However, some concerns emerged from these experiments regarding the interpretation of the results by non-informed users. The major source of concern comes from the potential inability of users to correctly apreciate the results, depending on the quality of geospatial data integrated in the system. This paper shows how we approached this problem by integrating a warning system into SOLAP applications to draw user's attention on elements that could cause problems in theirs analyses.

1. Introduction

Il y a déjà quelques années, une nouvelle catégorie d'outils d'aide à la décision, adaptée tout spécialement à l'exploration et à l'analyse spatio-temporelle de données spatiales, a fait son entrée dans le domaine des systèmes d'information géographique (SIG) (Rivest *et al.*, 2001). Cette nouvelle technologie combine à la fois la technologie OLAP (« On-Line Analytical Processing » ou processus d'analyse en ligne) avec celle des SIG traditionnels, ce qui lui confère le nom de OLAP spatial ou SOLAP (« Spatial OLAP »). Elle permet ainsi d'explorer aisément, rapidement et intuitivement plusieurs jeux de données géoréférencées et ce, selon une approche multidimensionnelle avec différents niveaux d'agrégation. La technologie SOLAP a donc été définie de façon plus formelle comme étant « un type de logiciel qui permet la navigation rapide et facile dans les bases de données spatiales et qui offre plusieurs niveaux

de granularité d'information, plusieurs thèmes, plusieurs époques et plusieurs modes d'affichage ou non : cartes, tableaux et diagrammes » (Bédard, 2004).

Afin de tester et de valider les concepts théoriques sous-jacents, l'équipe du Dr Yvan Bédard a implanté plusieurs applications SOLAP au sein de différentes organisations, et par le fait même, dans divers domaines d'application (transport, santé, foresterie, archéologie, etc.) (Bédard *et al.* 2005). Ces applications ont été développées dans le but de faciliter, d'accélérer et d'améliorer l'analyse des données détenues par ces organisations et conséquemment, de mieux supporter leurs processus décisionnels comparativement à ce qui est offert par les SIG. Ces différentes expériences ont toutefois permis de mettre en évidence certaines inquiétudes quant à l'interprétation des résultats d'analyse par des utilisateurs non avertis possédant maintenant une nouvelle capacité de croisement de données qui était impossible d'obtenir avec les SIG.

Ces craintes proviennent de la nouvelle facilité avec laquelle les utilisateurs peuvent croiser différentes données et de leur difficulté à interpréter correctement les résultats présentés par le SOLAP en fonction de la qualité des données spatiales initiales (provenant typiquement des SIG). Ce problème est déjà présent lorsque vient le temps d'évaluer l'incertitude ou le niveau de risque relié à l'utilisation des données spatiales des SIG (Devillers *et al.*, 2004), mais il devient plus important dans un contexte décisionnel où la technologie utilisée facilite les croisements des données. Toutefois, différentes solutions sont envisageables pour diminuer ce problème.

Le présent article vise donc à montrer comment nous avons abordé ce problème par l'intégration d'un système d'avertissements ou de mises en garde aux applications SOLAP afin d'attirer l'attention des usagers sur des éléments qui pourraient être problématiques dans le cadre de leurs analyses. L'article exposera d'abord la problématique reliée à l'interprétation des résultats présentés dans une application SOLAP, enchaînera avec la présentation de quelques exemples d'avertissements et conclura avec quelques perspectives relatives aux sources d'informations qui nous permettront de générer ces mises en garde.

2. Mise en contexte et problématique

Au cours de la dernière décennie, l'utilisation de plus en plus fréquente de l'information géographique par des usagers non-experts a fait naître un besoin de prévenir les risques de mauvais usages de celle-ci (Gervais, 2004). Plusieurs travaux ont notamment été effectués à ce sujet dans le domaine des SIG. Certains visent à exploiter les informations sur la qualité des données afin de prévenir l'utilisateur, par le biais d'avertissements, contre des opérations jugées illogiques (Beard, 1989 ; Hunter et Reinke, 2000). D'autres visent de manière plus générale à développer des SIG offrant certaines fonctionnalités de base pour la gestion des erreurs : les « error-sensitive GIS » (Unwin, 1995) et les « error-aware GIS » (Duckham et McCreadie, 1999 et 2002).

Le contexte dans lequel la technologie SOLAP est actuellement utilisée a également fait émerger le même besoin de prévention, mais de façon encore plus forte. Étant des outils d'aide à la décision, les outils SOLAP sont majoritairement dédiés à des analystes experts de leur domaine ou à des décideurs situés aux niveaux tactiques ou stratégiques d'une organisation. Or, les expériences démontrent que ces utilisateurs sont en majorité non-experts des données spatiales et qu'ils possèdent une connaissance limitée et variable des données géodécisionnelles intégrées au système. Les utilisateurs ont maintenant la possibilité d'employer un outil dont le niveau de puissance a rarement été atteint jusqu'à présent. Face à la facilité et la rapidité du SOLAP pour l'exploration des données, même l'expert peut facilement oublier certaines limitations de ses données lorsqu'il passe en quelques secondes d'un croisement de données à un autre, d'une période à l'autre, d'un niveau détaillé à un niveau global, d'une carte à un tableau ou un diagramme statistique, etc. La protection des utilisateurs contre les mauvaises interprétations des données devient plus que jamais critique et essentielle.

La transmission de métadonnées aux utilisateurs est actuellement l'approche la plus adoptée par les fournisseurs afin de permettre une utilisation éclairée des données spatiales (Gervais, 2004). La littérature fait cependant état de plusieurs limitations face à leur utilisation: d'une part, les usagers les consultent rarement (Timpf *et al.*, 1996 ; Frank, 1998 ; Qiu et Hunter, 2002) et, le cas échéant, n'en consultent qu'une partie (Dassonville *et al.*, 2002). Les métadonnées sont de plus considérées comme des données techniques (Timpf *et al.,* 1996 *;* Walford, 2002) qui requièrent un haut niveau d'expertise (Longley *et al.,* 2001), soit un niveau de compétence rarement atteint pour l'ensemble des données croisées par les usagers d'une application SOLAP. Bien que le SOLAP supporte la consultation des métadonnées, ces différents constats mettent en évidence que leur contexte d'utilisation actuel ne permettrait pas de prévenir de façon suffisante les risques de mauvaise utilisation.

C'est pourquoi nous avons choisi d'adopter une stratégie davantage proactive en émettant des mises en garde contextuelles aux utilisateurs selon les requêtes qu'ils effectuent, c'est-à-dire en fonction des thèmes d'analyse croisés et des niveaux de détail étudiés. Nous pourrons de cette façon attirer leur attention sur une ou des caractéristiques des données qui pourraient être problématiques dans le cadre de leur analyse.

L'intégration d'un système de mises en garde automatisées à l'intérieur d'une application SOLAP s'appuie également sur des considérations légales liées à la responsabilité civile des fournisseurs de données. En effet, Gervais (2004, 2005) a fait état des diverses obligations légales qu'un fournisseur de données spatiales serait tenu de respecter envers les consommateurs dans un contexte de marché de masse (ou de démocratisation des données spatiales). Bien que la technologie SOLAP ne soit pas encore utilisée dans ce contexte, les utilisateurs potentiels peuvent ne pas connaître suffisamment les caractéristiques des données provenant des différentes sources ayant servi à peupler l'application SOLAP. Cet écart de compétence justifie la transmission de conseils et de mises en garde à l'utilisateur. En effet, le fournisseur d'une application serait tenu légalement de pallier aux carences de son client (Le Tourneau, 1995 ; Gervais, 2004) afin qu'il utilise correctement le bien fourni (ex. des données spatiales).

La prochaine section présente quelques exemples typiques de mauvaise interprétation potentielle qu'un usager pourrait effectuer dans une application SOLAP, ainsi que les avertissements qui pourraient lui être divulgués. Dans le but de faciliter la compréhension de ces exemples, une courte présentation de la chaîne de production des données géodécisionnelles (Proulx *et al.*, 2006) sera d'abord exposée.

3. Exemples d'avertissement

Dans la majorité des cas, les données décisionnelles sont générées à partir d'autres données provenant d'un ou plusieurs systèmes transactionnels (voir Figure 1), puis elles sont stockées dans une base de données ayant ou simulant une structure appelée « multidimensionnelle » dans la littérature informatique. Le passage des données d'un type de système (i.e. transactionnel) à un autre (i.e. multidimensionnel) nécessite souvent plusieurs manipulations: les données transactionnelles sont d'abord transformées et intégrées afin de les rendre cohérentes entre elles, puis elles sont agrégées suivant certains processus de calcul (somme, moyenne, taux, écarts, etc.). Puisqu'une application SOLAP comporte des données à référence spatiale, l'intégration et la transformation de ce type de données vont souvent occasionner des difficultés supplémentaires.

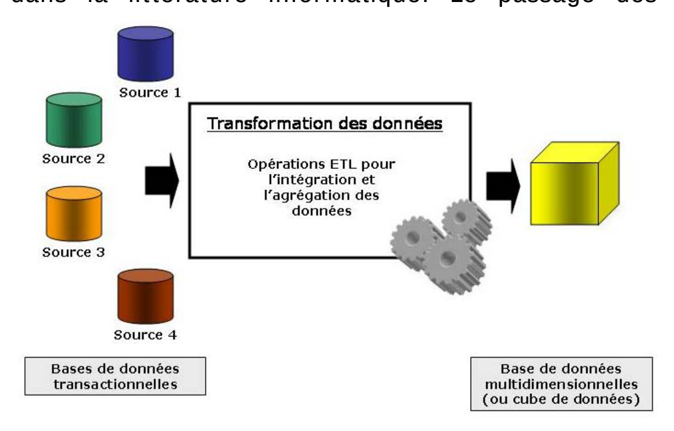


Figure 1 Génération des données géodécisionnelles

La conception même de la base de données multidimensionnelle (ou cube de données) peut également être un défi important pour les concepteurs afin de respecter les besoins des utilisateurs en termes d'analyse. Or, certains choix effectués lors de la réalisation du système décisionnel, que ce soit lors de sa conception ou de l'étape de transformation des données, peuvent avoir des impacts directs sur la manière dont les résultats doivent être interprétés dans l'application SOLAP finale. Les exemples présentés dans cette section illustrent cette particularité.

a) Problème relié à l'évolution des données

Une des caractéristiques particulières des applications SOLAP est qu'elles permettent d'effectuer des analyses à la fois spatiales et temporelles; l'utilisateur peut donc observer et analyser de façon cartographique l'évolution d'un phénomène. Or, afin de représenter correctement ce phénomène dans le temps, les données peuvent subir certaines modifications. On peut par exemple observer une évolution au niveau sémantique (ex. le changement du nom d'une rue), au niveau spatial (ex. une modification de la frontière entre deux municipalités), ou une combinaison des deux (ex. la scission d'un pays en plusieurs autres). L'évolution des données transactionnelles originales est donc un élément important pris en compte lors de la réalisation du système décisionnel afin d'assurer des analyses temporelles adéquates et cohérentes. L'exemple suivant a été tiré d'une application SOLAP réalisée pour le Bureau de planification et d'études institutionnelles de l'Université Laval. Cette application a été conçue dans le but d'analyser la provenance des étudiants qui ont fréquenté cette université au cours des dix dernières années. La figure 2 illustre une requête qui a été effectuée pour la période entre 1993 et 2005 :

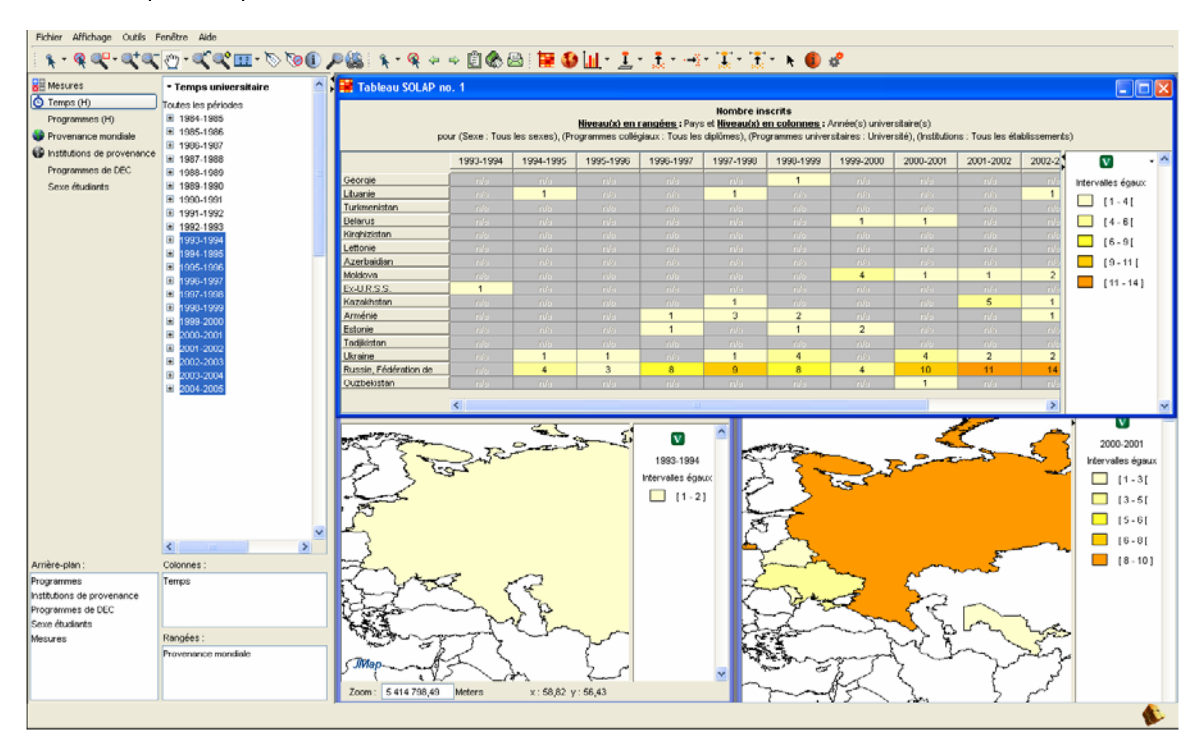


Figure 2 Problème relié à l'évolution des données

D'après l'image ci-dessus, il est possible d'observer que le découpage géographique de la région couverte par l'ex-U.R.S.S. a été modifié à partir de la période 1994-1995; elle s'est en effet subdivisée en plusieurs parties, créant ainsi un total de 15 nouveaux pays. Un utilisateur qui désire comparer le nombre d'étudiants provenant cette région au cours des dix dernières années devra par conséquent considérer ces nouveaux pays dans la requête; cela lui permettra ainsi d'effectuer une analyse cohérente en fonction de l'évolution du découpage géographique. Dans ce cas-ci, un utilisateur qui omettrait de considérer les nouveaux pays pourrait par exemple penser que le nombre d'étudiants provenant de cette région a diminué

entre les périodes 1993-1994 et 1994-1995 (Tableau 1), alors qu'en réalité, nous observons l'effet contraire (Tableau 2).

Tableau 1 Exemple de mauvaise interprétation

Période	Pays	Nb. d'étudiants	Évolution
1993-1994	Ex.-U.R.S.S.	1	↓
1994-1995	Ex.-U.R.S.S.	-	

Tableau 2 Exemple de bonne interprétation

Année	Pays	Nb. d'étudiants	Évolution
1993-1994	Ex.-U.R.S.S.	1	↑
1994-1995	Lituanie	1	
	Ukraine	1	
	Fédération de Russie	4	
	Etc...	...	

L'avertissement qui pourrait alors être divulgué à l'utilisateur pourrait prendre cette forme :

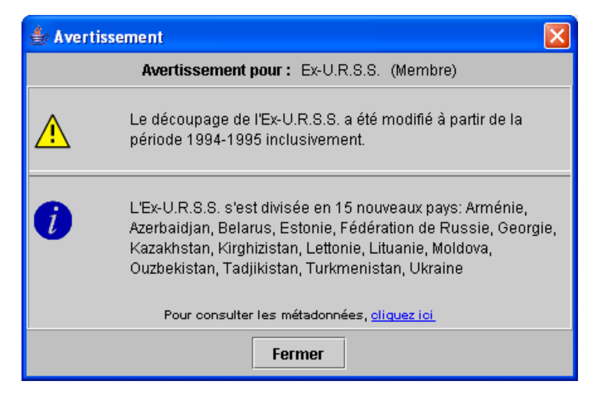


Figure 3 Exemple d'avertissement relié pour le problème relié à l'évolution des données

Nous avons présenté dans cette section un problème simple relié à l'évolution spatiale et sémantique des données qui peut facilement être géré dans une application SOLAP. D'autres problèmes reliés à l'évolution de la structure de la base de données transactionnelles originale utilisées, tels que l'ajout ou le retrait d'un champ et une modification d'un domaine de valeurs, peuvent également poser des défis importants lors de la conception d'un système décisionnel (Miquel *et al.*, 2002a; Miquel *et al.*, 2002b; Body *et al.*, 2003).

b) Problème relié à la nature des données originales

La nature des données transactionnelles originales utilisées afin de peupler la base de données multidimensionnelle est un facteur pouvant influencer la manière dont les résultats doivent être interprétés dans une application SOLAP. L'exemple présenté dans cette section a été tiré d'une application SOLAP réalisée pour la Garde Côtière Canadienne. Elle a été conçue afin d'analyser les données récoltées sur les incidents maritimes survenus entre les années 1999 et 2003. L'utilisateur désirait entres autres pouvoir déterminer le nombre d'incidents par rapport au type d'embarcation assistée; concernant les embarcations de plaisance, il désirait de plus pouvoir distinguer les embarcations louées des embarcations non louées. La figure 4 illustre donc le résultat de ce type de requête pour une région spécifique de surveillance :

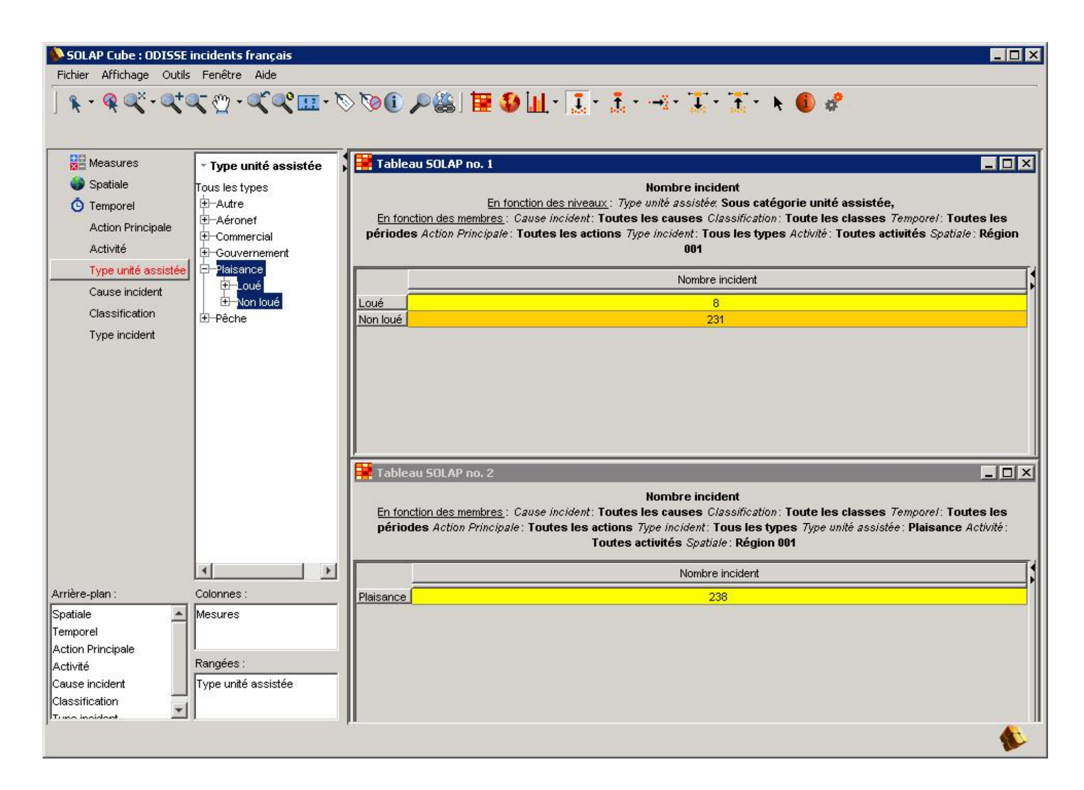


Figure 4 Problème relié à la nature des données originales

En observant attentivement ces nombres, un utilisateur pourrait instinctivement penser que le système comporte une erreur ; il pourrait en effet s'attendre à ce que la sommation du nombre d'incidents ayant impliqués des embarcations de plaisance louées avec celles non-louées (8 + 231 = 239) égale le nombre d'incidents ayant concernés l'ensemble des embarcations de plaisance (238), ce qui n'est pourtant pas le cas. Une information que l'utilisateur devrait connaître ou se rappeler à ce moment est qu'un incident peut impliquer plus qu'une embarcation (même si cette possibilité ne se produit que très rarement). Dans ce cas-ci, la divergence des résultats pourrait s'expliquer par le fait qu'une embarcation de plaisance louée ainsi qu'une non-louée aient été impliquées simultanément dans un incident. L'avertissement qui pourrait alors être divulgué à l'usager pourrait prendre cette forme :

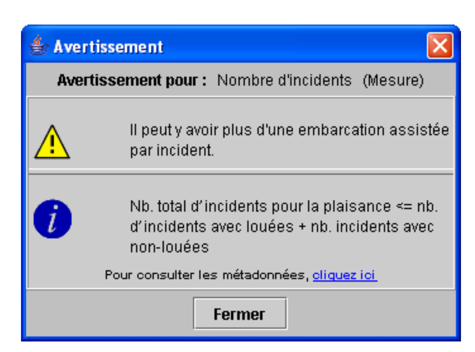


Figure 5 Exemple d'avertissement pour le problème relié à la nature des données originales

L'avertissement ci-dessus peut donc contenir une information nouvelle pour un utilisateur occasionnel qui ne connaissait pas cette situation potentielle très rare, ou d'un simple rappel pour un expert du domaine. Dans tous les cas, l'émission d'avertissements peut être optionnelle ou profitable pour chaque catégorie d'utilisateurs. Il s'agit ici du genre de cas qu'il est possible de détecter lors de la conception du cube, c'est-à-dire lors du choix de l'algorithme d'agrégation des données, et c'est à ce moment qu'une mise en garde pourrait être documentée afin qu'elle soit par la suite intégrée au système.

L'exemple présenté dans cette section est en soi très simple. Il pourrait cependant exister des cas plus complexes où les utilisateurs n'auraient pas instinctivement le réflexe d'utiliser ce genre de déduction, comme par exemple, lors de l'analyse d'un croisement de plusieurs thèmes d'analyse avec différents niveaux de détail. La divulgation d'avertissements auprès des usagers a donc dans ce cas-ci davantage sa raison d'être et nécessite une conception consciencieuse du cube afin de produire des mises en garde les plus appropriées en fonction du type d'utilisateur visé.

c) Problème relié à la génération des données géodécisionnelles

L'exemple suivant a été tiré d'un prototype SOLAP illustrant un cas d'utilisation (tempête de verglas) réalisé pour RDDC (Recherche et Développement pour la Défense du Canada). Advenant une panne de courant, notre client pourrait par exemple désirer connaître, pour des fins d'évacuation, le nombre total de personnes touchées par cette panne, qui sont âgées de 60 ans et plus, à mobilité réduite et résidant dans les régions administratives de Montréal et Laval. La figure 6 illustre ce type de requête pour une panne de courant affectant des lignes électriques de 315 Kv :

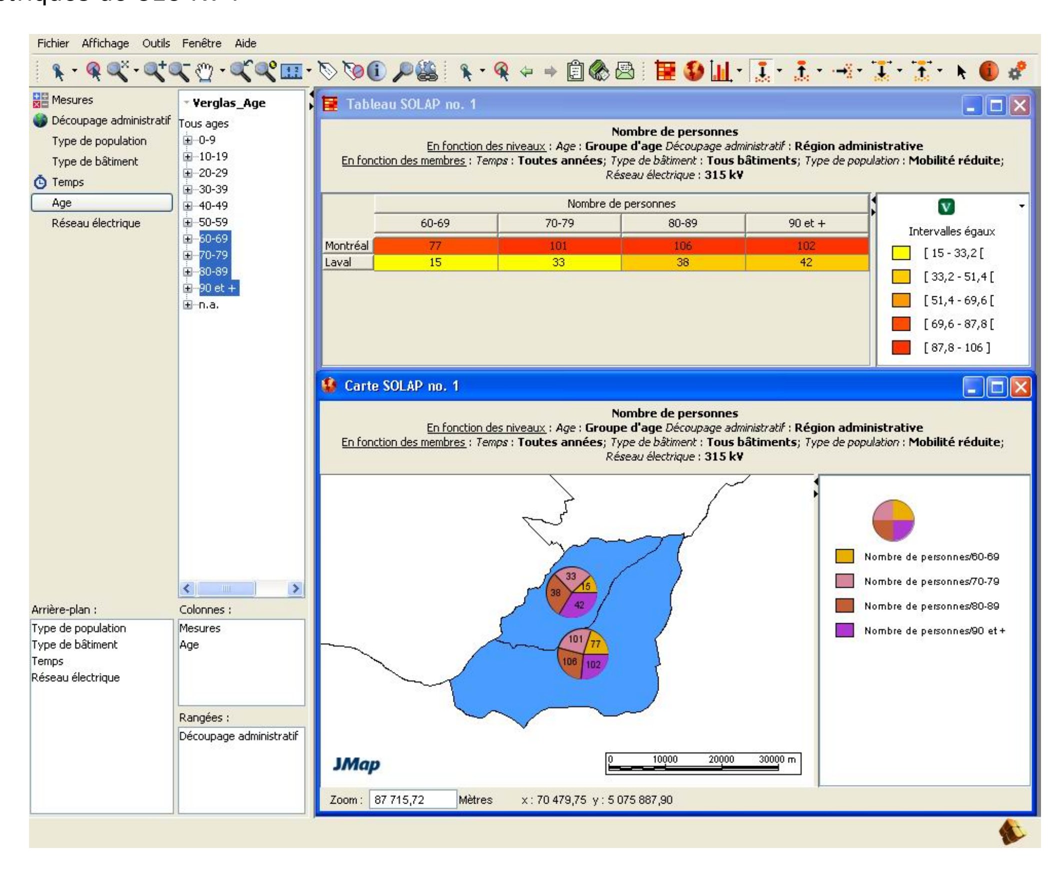


Figure 6 Problème relié à la génération des données géodécisionnelles

La figure 6 présente donc quelques statistiques permettant de dresser un portrait synthèse d'un scénario d'évacuation. Puisque les données dans un SOLAP sont organisées selon différents niveaux de détails, le nombre de personnes affectées dans chacune des régions administratives a été trouvé par l'agrégation du nombre de personnes touchées par MRC qui, à son tour, a été trouvé par la sommation du nombre de personnes par municipalité. Or, puisque cette donnée n'était pas disponible directement dans la base de données transactionnelle originale et le SIG, quelques analyses spatiales de type « buffer » ont été réalisées sur les lignes électriques afin de déterminer le nombre de bâtiments et de personnes qu'ils desservent pour chaque municipalité. Ces données contiennent donc une certaine incertitude qui, pour le moment, serait difficile de qualifier ou de quantifier; un seul changement dans les paramètres du « buffer » utilisé pourrait avoir un impact sur le nombre

de bâtiments obtenus et conséquemment, sur le nombre de personnes. Étant donné que le nombre de personnes au niveau des régions administratives a été trouvé par agrégation, l'incertitude située au niveau des municipalités s'est donc propagée jusqu'à celles-ci. Ignorant la méthode utilisée afin de calculer les résultats, un utilisateur pourrait donc considérer que cette donnée est exempte d'erreur, alors qu'elle pourrait pourtant être caractérisée par une grande incertitude. L'avertissement qui pourrait alors être divulgué à l'utilisateur pourrait prendre cette forme :

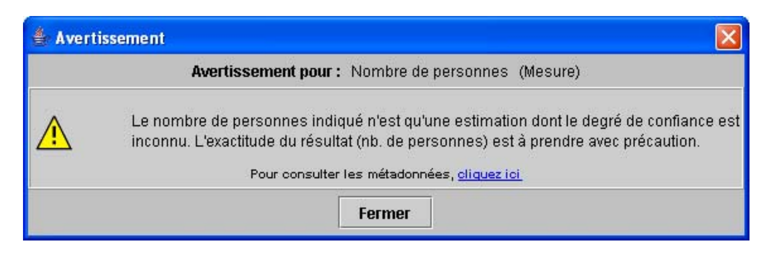


Figure 7 Exemple d'avertissement pour un problème relié à la génération des données géodécisionnelles

L'exemple présenté met donc en évidence que les manipulations effectuées sur les données originales afin d'obtenir le système décisionnel final peuvent avoir un impact direct sur la façon dont les résultats peuvent être interprétés et conséquemment, sur le degré de confiance que nous pouvons leur accorder. L'avertissement permet donc à l'utilisateur de prendre immédiatement conscience de l'incertitude reliée aux données, aspect essentiel afin qu'il puisse évaluer rapidement les risques découlant d'une décision prise à l'aide du système. Cet avertissement s'applique également aussi bien à l'analyse d'une base de données transactionnelles et un SIG, mais il est autant utile dans un SOLAP, même peut-être davantage, étant donné le plus grand nombre d'utilisateurs potentiels vues la facilité de construction des requêtes et la quasi-instantanéité des réponses à celles-ci.

4. Source des avertissements

La technologie SOLAP permet à l'utilisateur de croiser plusieurs thèmes d'analyse simultanément et choisir le niveau de détail à l'intérieur de ces thèmes, lui donnant ainsi accès à une multitude de vues et de combinaisons possibles des données (Rivest *et al.*, 2001). Bien que l'ensemble des combinaisons puisse être déterminé à l'avance, il serait toutefois impossible en pratique, en raison de leur grand nombre, de considérer chacune d'elles afin de trouver les avertissements qui s'y rapportent. Il existe donc un besoin de se doter de moyens qui permettront de faciliter la découverte des mises en garde. La stratégie que nous préconisons serait d'encadrer davantage la démarche de conception du cube afin d'y intégrer certaines considérations reliées aux mises en garde. Nous pensons par exemple que des formulaires pourraient accompagner les concepteurs du système décisionnel afin qu'ils notent les décisions et les transformations qu'ils effectuent et par conséquent, les principales mises en garde qui en découlent. Ces mises en garde pourront ensuite être intégrées au système en fonction des types d'utilisateurs qui l'emploieront.

5. Conclusion

La technologie SOLAP donne un accès et une interaction plus importante que jamais avec les données spatiales tant pour les spécialistes que pour les non-experts. Ceci accroît cependant les risques de mauvaise interprétation des données spatiales. Cet article a démontré tout d'abord l'utilité de prévenir les utilisateurs dans ce contexte typiquement interactif et rapide de la technologie SOLAP. Trois exemples d'avertissements pouvant être utilisés pour réduire les risques de mauvaises utilisations ont par la suite été présentés. Ces exemples ont permis de mettre en évidence leur utilité potentielle dans un contexte décisionnel. Ce projet de MSc est en cours de réalisation et devrait offrir au printemps prochain des moyens formels pouvant être mis en place afin de faciliter la découverte et la conception des mises en garde.

6. Remerciements

Les auteurs tiennent à souligner le support de la Chaire de recherche industrielle en bases de données géospatiales décisionnelles financée par le Conseil de Recherche en Sciences

Naturelles et en Génie du Canada (CRSNG), l'Université Laval, Hydro-Québec, Recherche et Développement Défense Canada, Ressources Naturelles Canada, Transport Québec, KHEOPS Technologies, Intélec Géomatique, Syntell, Holonics et Groupe Alta. Ils remercient également le réseau d'excellence canadien GEOIDE pour son support financier dans le projet « Développement d'un outil Web interactif pour mieux comprendre les impacts des changements climatiques sur la santé publique » dans lequel la Chaire est impliquée avec ces principaux partenaires : Santé Canada, l'Institut national de santé publique du Québec et Ouranos.

7. Bibliographie

Beard, K. (1989). « Use error : the neglected error component », Proceedings of AUTO-CARTO 9, Baltimore, Maryland, mars, pp. 808-817.

Bédard, Y. (2004). « Amélioration des capacités décisionnelles des SIG par l'ajout d'un module SOLAP », Université de Provence, Centre de Mathématiques et Informatique, LSIS, Marseille, 8 avril.

Bédard, Y.; Proulx, M.-J.; Rivest, S. (2005). « Enrichissement du OLAP pour l'analyse géographique : exemples de réalisations et différentes possibilités technologiques », Première journée francophone sur les entrepôts de données et l'analyse en ligne, Lyon, 10 juin.

Body, M.; Miquel, M.; Bédard, Y.; Tchounikine, A. (2003). « Handling Evolutions in Multidimensional Structures », IEEE 19th Int. Conf. on Data Engineering (ICDE), Bangalore, India, March 5-8.

Dassonville, L. ; Vauglin, F. ; Jakobsson, A. ; Luzet, C. (2002). « Quality Management, Data Quality and Users, Metadata for Geographical Information », Spatial Data Quality, W. Shi, P.F. Fisher et M. F. Goodchild, Taylor & Francis, London, p.202-215.

Devillers, R.; Bédard, Y.; Gervais, M. (2004). « Indicateurs de qualité pour réduire les risques de mauvaise utilisation des données géospatiales », Revue internationale de géomatique, vol. 14, no 1, pp.35-47.

Duckham, M.; McCreadie, J. (1999). « An intelligent, distributed, error-aware OOGIS », Proceedings of 1st International Symposium on Spatial Data Quality, Hong Kong, 18-20 juillet, pp. 496-506.

Duckham, M.; McCreadie, J. (2002). « Error-aware GIS Development », Spatial Data Quality, W. Shi, P. F. Fisher et M. F. Goodchild, Taylor & Francis, London, pp. 63-75.

Frank, A. U. (1998). « Building a geospatial data framework – finding the best available data, *Data* », Quality in Geographic Information: from error to uncertainty, Hermès, Paris, 192 pages.

Gervais, M. (2004). « Pertinence d'un manuel d'instructions au sein d'une stratégie de gestion du risque juridique découlant de la fourniture de données géographiques numériques », Université Laval, Québec et Université de Marne-La-Vallée, France, 344 pages.

Gervais, M. (2005). « L'importance de la qualité externe en droit civil », Qualité de l'information géographique, R. Devillers et R. Jeansoulin, Hermès, Paris, 348 pages.

Hunter, G. J.; Reinke, K. J. (2000). « Adapting Spatial Databases to Reduce Information Misuse Through Illogical Operations », Proceedings of 4th International Symposium on Spatial Accuracy assessment in Natural Resources and Environmental Sciences (Accuracy 2000), Amsterdam, juillet, pp. 313-319.

Le Tourneau, P. (1995). « La Responsabilité Civile Professionnelle », Economica, Paris, 105 pages.

Longley, P. A. ; Goodchild, M. F.; Maguire, D. J.; Rhind, D. W. (2001). « Geographic Information Systems and Science », John Wiley & Sons, England, 454 pages.

Miquel, M. ; Bédard, Y ; Brisebois, A. (2002). « Conception d'entrepôts de données géospatiales à partir de sources hétérogènes, exemple d'application en foresterie », Ingénierie des Systèmes d'information, vol. 7, no. 3, pp. 89-111.

Miquel, M.; Bédard, Y.; Brisebois, A.; Pouliot, J.; Marchand, P.; Brodeur, J. (2002). « Modeling Multidimensional Spatio-temporal Data Warehouse in a Context of Evolving Specifications», Joint Int. Symp. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) Commission IV, SDH 2002, 95th Annual CIG Conference, juillet, pp. 8-12.

Proulx, M.-J.; Larrivée, S.; Bernier, E.; Bédard, Y. (2006). « Développement des technologies spatiales. Livrable 1 – Définition d'une chaîne de production de données multidimensionnelles spatiales », Université Laval, Centre de recherche en géomatique, Québec, 116 pages.

Qiu, J. ; G.J. Hunter (2002). « A GIS with the Capacity for Managing Data Quality Information », Spatial Data Quality, W. Shi, P.F. Fisher et M. F. Goodchild, Taylor & Francis, London, pp. 230-250.

Rivest, S.; Bédard, Y.; Marchand, P. (2001). « Toward better support for spatial decision making : defining the characteristics of spatial on-line analytical processing (SOLAP) », Geomatica, vol. 55, no 4, pp. 539-555.

Timpf, S.; Raubal, M.; Kuhn, W. (1996). « Experiences with Metadata », Proceedings of Symposium on Spatial Data Handling, SDH'96, Advances in GIS Research II, Delft, The Netherlands, 12-16 août, pp. 12B.31-12B.43.

Unwin, D. (1995). « Geographical information systems and the problem of error and uncertainty », Progress in Human Geography, vol. 19, pp. 549-558.

Walford, N. (2002). « Geographical data, Characteristics and Sources », John Wiley & Sons, England, 274 pages.